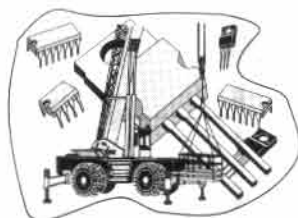


Obciążenie aktywne, część 1



kit AVT-318

Przedstawione w artykule urządzenie może spełniać przynajmniej dwie pożyteczne role: po pierwsze, można je wykorzystać do testowania pracy zasilaczy stosowanych w domowym laboratorium, przy czym możliwa jest kontrola zarówno parametrów statycznych, jak i dynamicznych. Po drugie - może ono spełnić zadanie „inteligentnej” rozładownicy akumulatorów stosowanych w kamerze, notebooku lub innym sprzęcie przenośnym.

Dzięki wbudowaniu w układ dwustopniowego bezpiecznika termicznego jest on bardzo niezawodny, co predestynuje go do pracy w trudnych warunkach laboratoryjnych.



Układ prezentowany w artykule może także nosić nazwę sztucznego obciążenia. Obydwie nazwy są z punktu widzenia konstruktorów, a także użytkowników równoważne. Idea działania układu polega na zastąpieniu rezystorów dużej mocy, które są najczęściej stosowane do testowania zasilaczy lub szybkiego rozładowywania akumulatorów, aktywnym układem o regulowanych parametrach i wbudowanych układach nadzoru napięcia, temperatury i stabilizacji prądu.

Układ opisany w artykule można zastosować m.in. do rozładowywania akumulatorów ustalonym prądem, co pozwoli zapobiec efektowi pamięciowemu w ogniwach NiCd. Jest to także doskonały przyrząd laboratoryjny, który umożliwia dokładne przetestowanie zasilaczy.

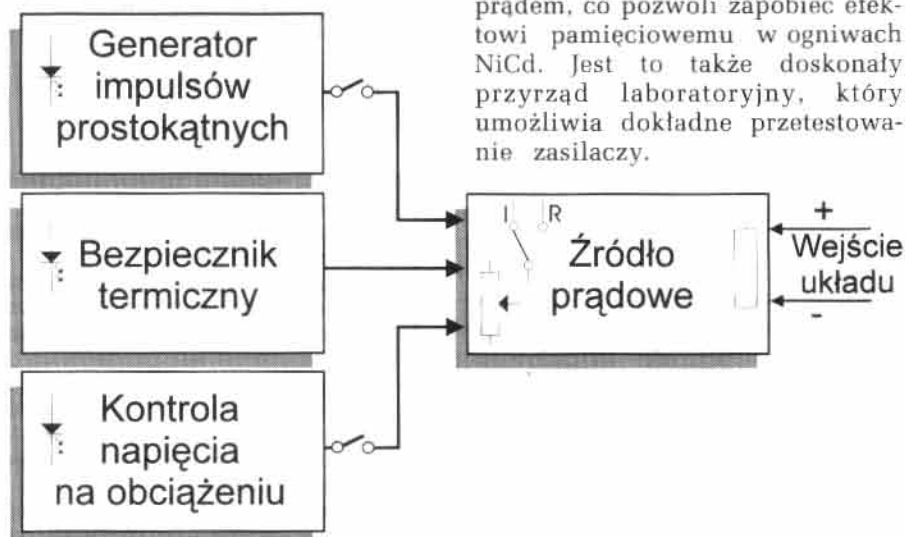
Przykłady takich testów przedstawimy w drugiej części artykułu.

Opis układu

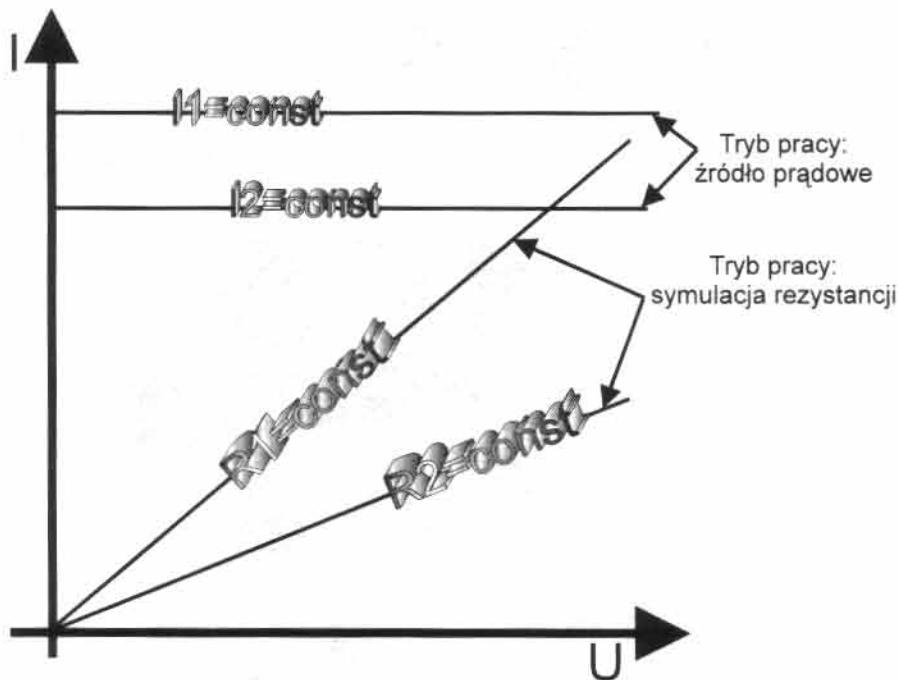
Na rys.1 przedstawiono schemat blokowy układu. Podstawowym modulem jest źródło prądowe o regulowanej wydajności. Układ skonstruowano w taki sposób, że źródło może mieć stałą wydajność prądową, zależną tylko od położenia suwaka potencjometru ustalającego napięcie odniesienia lub może symulować stałą rezystancję obciążenia, co powoduje wzrost natężenia prądu płynącego przez układ wraz ze wzrostem napięcia zasilania. Charakterystyki prądowo-napięciowe w obydwu trybach pracy przedstawiono na rys.2.

Aby zwiększyć możliwości układu w jego wnętrzu wbudowany został generator impulsów prostokątnych o regulowanej częstotliwości, który można wykorzystać do kluczowania stopnia wyjściowego. Uzyskujemy w ten sposób możliwość testowania urządzeń obciążanych impulsowo, co może mieć duże znaczenie praktyczne, zwłaszcza podczas laboratoryjnych badań zasilaczy.

Kolejnym elementem prezentowanego układu jest termostat o dwóch progach zadziałania. Przekroczenie pierwszego z nich



Rys. 1. Schemat blokowy układu.



Rys. 2. Charakterystyki obrazujące działanie układu w różnych trybach pracy.

powoduje włączenie wentylatora wspomagającego chłodzenie radiatora, przekroczenie drugiego powoduje automatyczną blokadę wyjściowego tranzystora mocy. Zapobiegamy w ten sposób możliwości przeciążenia termicznego tranzystora mocy.

Oprócz dotychczas opisanych, w układ sztucznego obciążenia wbudowano system kontroli napięcia na zaciskach obciążenia, dzięki czemu można zapobiec nadmiernemu rozładowaniu akumulatorów dołączonych do zacisków wejściowych. Zastosowanie tego modułu ma duże znaczenie praktyczne dla konstruktorów, którzy będą wykorzystywali obciążenie jako rozładowywarkę akumulatorów.

Na schemacie blokowym nie narysowano modułu zasilacza stabilizowanego z prostownikiem, omówimy go szczegółowo w dalszej części artykułu.

Schemat elektryczny sztucznego obciążenia przedstawiono na rys.3. Konstrukcję układu oparto na standardowych wzmacniaczach operacyjnych o szerokim zakresie zmian napięcia wyjściowego.

Układ US1A spełnia rolę generatora impulsów prostokątnych o częstotliwości ustalonej przy pomocy elementów P1, R4 i C1. Rezystor R3 zapewnia dodatnie

sprężenie zwrotne nadające przeźtnikowi dość dużą histerezę. Rezystory R1 i R2 ustalają „startowy” poziom napięcia na wejściu nieodwracającym US1A. Sygnał prostokątny z wyjścia tego generatora podawany jest poprzez diodę separującą D1 na przełącznik Sw1. Załączenie Sw1 powoduje kluczowanie źródła prądowego, a dzięki zastosowaniu drugiej pary styków, także miganie diody sygnalizacyjnej LED D4.

Układ US1B pracuje jako wzmacniacz błędu w module źródła prądowego. Elementem wykonawczym mocy tego źródła jest tranzystor MOSFET T1. Motywy doboru typu tranzystora wyjściowego przedstawimy w dalszej części artykułu.

Rezystor R11, który włączono w obwód źródła T1 spełnia zadanie czujnika prądowego. Napięcie z tego rezystora podawane jest na wejście odwracające US1B i jego wartość jest porównywana z napięciem z dzielnika R7, R8, który zasilany jest z kolei z suwaka potencjometra P2. Przy jego pomocy ustala się wartość symulowanej rezystancji lub wartość prądu płynącego przez obciążenie. Napięcie na potencjometrze może mieć stałą wartość, równą ok. 12V (w trybie źródła prądowego) lub zmieniać się w zależności od wartości napięcia na zaciskach urzą-

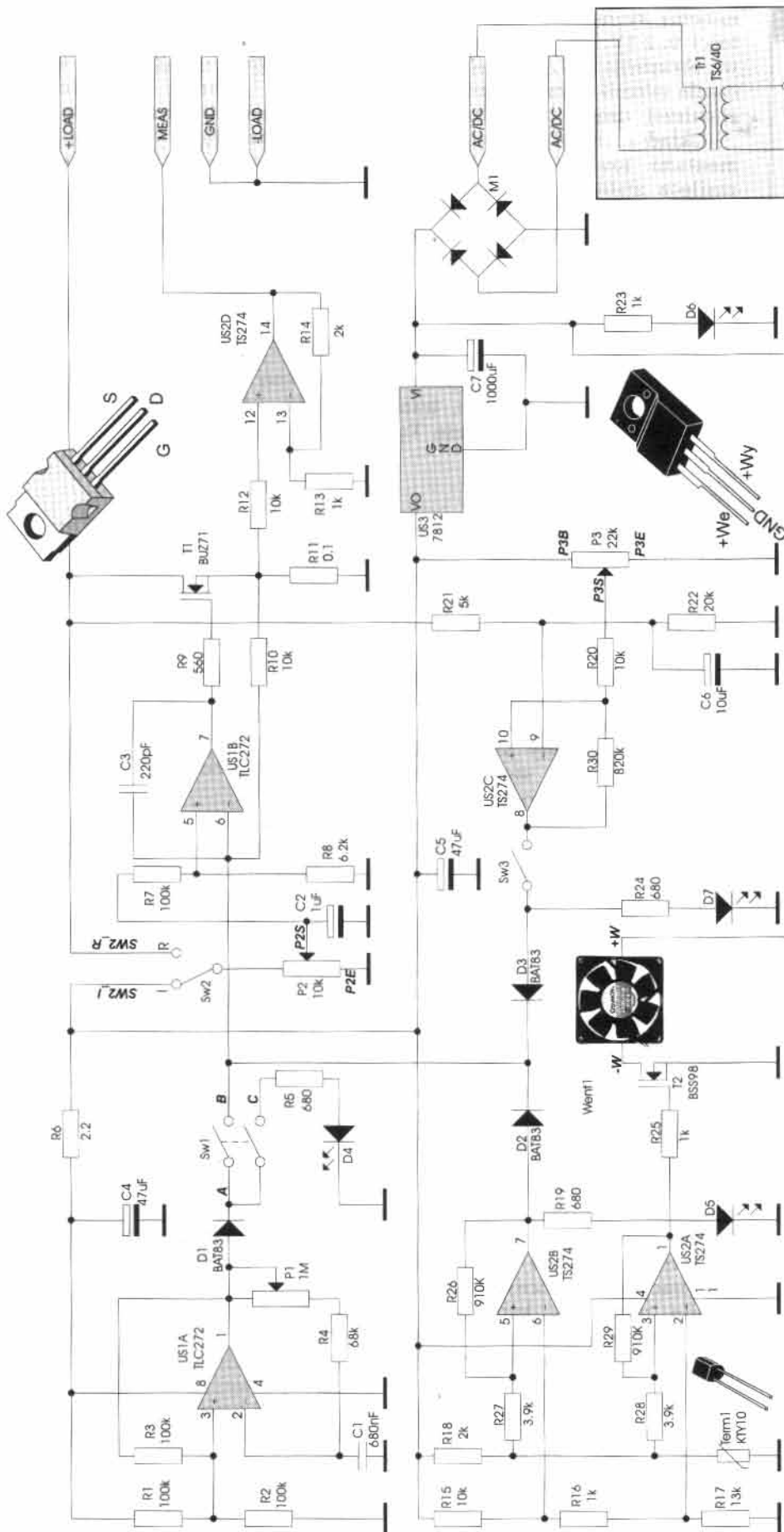
żenia (w trybie symulacji rezystancji). Selekcji trybu pracy można dokonać dzięki przełącznikowi Sw2.

Wzmacniacze US2A i B są komparatorami, porównującymi napięcie na czujniku temperatury Term1 z napięciami ustalonymi na wejściach odwracających przy pomocy rezystorów R15, R16 i R17. Rolę czujnika temperatury spełnia popularny termistor półprzewodnikowy typu KTY10. Wzmacniacz US1A wykrywa przekroczenie pierwszego progu temperatury i powoduje włączenie wentylatora Went1. Jako bufor prądowy pomiędzy wyjściem US1A i silnikiem wentylatora zastosowany został tranzystor polowy z izolowaną bramką typu BSS98, który na schemacie nosi oznaczenie T2.

Jeżeli pomimo włączonego wentylatora, temperatura radiatora pod tranzystorem T1 będzie nadal rosła, napięcie na wejściach nieodwracających wzmacniaczy US1A i B zwiększy swoją wartość i po przekroczeniu progu napięci ustalonego przez dzielnik rezystorowy R15, (R16+R17) spowoduje pojawienie się wysokiego napięcia na wyjściu US2B. Napięcie to poprzez diodę separującą D2 zostanie podane na wejście odwracające wzmacniacza błędów US1B, co spowoduje zablokowanie tranzystora wyjściowego T1. Tak więc po przekroczeniu temperatury krytycznej układ automatycznie wyłącza się. Rezystory R26 i R29 stanowią pętlę dodatniego sprzę-

Cechy charakterystyczne układu

- ✓ możliwość pracy w dwóch podstawowych trybach:
 - jako źródło prądowe o regulowanej wydajności ($I=const.$),
 - jako obciążenie o charakterze rezystancyjnym ($I=f(U)$).
- ✓ możliwość testowania zasilaczy obciążanych impulsowo oraz impulsowego rozładowania akumulatora. Częstotliwość kluczowania można zmieniać w szerokim zakresie,
- ✓ ma on wbudowany dwustopniowy bezpiecznik termiczny, który automatycznie steruje pracą wentylatora wymuszającego dodatkowy obieg powietrza,
- ✓ z układem sztucznego obciążenia zintegrowano układ kontroli napięcia na wyjściu układu obciążanego, dzięki czemu możliwe jest ustalenie napięciowego progu końca rozładowywania akumulatorów,
- ✓ wbudowany w układ wzmacniacz napięciowy umożliwia mierzenie w sposób pośredni prądu płynącego przez obciążenie.



Rys. 3. Schemat elektryczny układu.

żenia zwrotnego, które zapobiega wzbudzeniu się wzmacniacza przy różnicy napięć na jego wejściach bliskiej zero. Bez tych rezystorów istnieje niebezpieczeństwo powstania oscylacji, co mogłoby spowodować niepoprawną pracę całego układu i uszkodzenie silnika wentylatora.

Wzmacniacz US2C jest komparatorem modułu kontrolującego napięcie na zaciskach wejściowych układu. Napięciem odniesienia dla układu porównującego jest napięcie podawane z suwaka potencjometru P3. Napięcie kontrolowane podawane jest na wejście odwracające US2C poprzez dzielnik napięciowy R21, R22. Kondensator C6 zapobiega reakcji układu na krótkie zakłócenia impulsowe. Napięcie podawane jest na dzielnik wprost z zacisków obciążenia (dren tranzystora wyjściowego T1). Podobnie jak komparatory termostatu, także US2C ma dodaną niewielką histerezę. Powstaje ona dzięki włączeniu rezystora R30 w pętlę dodatniego sprzężenia zwrotnego. Dzięki zastosowaniu przełącznika Sw3 możliwe jest odłączenie modułu nadzorującego napięcie od źródła prądowego, co pozwala na pracę w trybie obciążenia standardowego. Dioda świecąca D7 sygnalizuje działanie układu nadzorującego po włączeniu go przełącznikiem Sw3.

Wzmacniacz US2D spełnia rolę bufora-wzmacniacza napięciowego o wzmacnieniu ustalonym stosunkiem rezystancji rezystorów R14 i R13 zgodnie ze wzorem:

$$k_{US2D} = 1 + R14/R13$$

Zadaniem tego wzmacniacza jest wzmocnienie sygnału napięciowego z rezystora R11 spełniającego rolę czujnika wartości prądu płynącego z obciążenia, do wartości umożliwiającej łatwy pomiar przy pomocy standardowych modułów pomiarowych (z wyświetlaczami LED lub LCD). Tak więc na wyjściu US2D otrzy-

Parametry układu

- ✓ maksymalny prąd obciążenia: 7A,
- ✓ maksymalne napięcie na wejściach ±LOAD: 30V,
- ✓ maksymalna moc wydzielona w układzie (T1-BUZ71): 25W,
- ✓ zakres symulowanej rezystancji: od ok. 1.7Ω..1MΩ,
- ✓ zakres zmian napięcia progowego układu nadzoru napięcia obciążenia: 0..+16V,
- ✓ temperatura włączenia wentylatora: ok. 50°C,
- ✓ temperatura zadziałania bezpiecznika termicznego: ok. 70°C,
- ✓ napięcie wyjściowe wzmacniacza pomiaru prądu: 0..2.1V (dla prądu w zakresie 0..7A),
- ✓ napięcie zasilania układu: 15..25V AC/DC,
- ✓ prąd pobierany przez układ: max. 220mA.

mujemy sygnał napięciowy o wartości 0..2.1V, co odpowiada prądowi obciążenia 0..7A. Sposób podłączenia miernika prądu przedstawimy w dalszej części artykułu.

Układ scalony US3 wraz z elementami towarzyszącymi tworzy zasilacz stabilizowany o napięciu wyjściowym 12V. Zadaniem tego stabilizatora jest nie tylko zapewnienie odpowiedniego napięcia do zasilania całego układu, ale także dostarczenie napięcia referencyjnego do wszystkich układów pomiarowych urządzenia. W egzemplarzu modelowym zastosowano zasilanie sieciowe poprzez transformator obniżający napięcie Tr1.

Dokładnego przemyslenia wymaga poprawne zainstalowanie elementów urządzenia w obudowie. Model zmontowano w typowej obudowie metalowej, co wymagało wykonania kilku otworów w płycie przedniej, tylnej i w dnie obudowy. W następnym numerze EP opublikujemy wzór naklejki na przód obudowy, który będzie można wykorzystać do samodzielnego

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

- R1, R2, R3, R7: 100kΩ
 - R4: 68kΩ
 - R5, R19, R24: 680Ω
 - R6: 2.2Ω
 - R8: 6.2kΩ
 - R9: 560Ω
 - R10, R12, R15, R20: 10kΩ
 - R13, R16, R23, R25: 1kΩ
 - R11: 0.1Ω/5W
 - R14, R18: 2kΩ
 - R17: 13kΩ
 - R21: 4.7kΩ
 - R22: 20kΩ
 - R26, R29: 910kΩ
 - R27, R28: 3.9kΩ
 - R30: 820kΩ
 - P1: 1MΩ/A
 - P2, P3: 22kΩ/A
- Kondensatory**
- C1: 680nF
 - C2: 1μF/25V
 - C3: 20pF
 - C4, C5: 47μF/25V
 - C6: 10μF/25V
 - C7: 1000μF/25V

Półprzewodniki

- D1, D2, D3: BAT83 lub podobne
- D4, D5, D6, D7: LED
- M1: dowolny mostek 1A/50V
- T1: BUZ71 lub podobny
- T2: BSS98 lub podobny
- US1: TLC272 lub podobny
- US2: TS274 lub podobny
- US3: 7812 (zalecana obudowa plastikowa "F")
- Term1: KTY10

Różne

- B1: bezpiecznik 300mA
- Sw1: przełącznik podwójny dwubiegunowy
- Sw2, Sw3: przełącznik pojedynczy dwubiegunowy
- Tr1: TS6/40 (ok. 15V/300mA)
- Went1: SUNON 12V/2.2W lub podobny

Montaż i uruchomienie

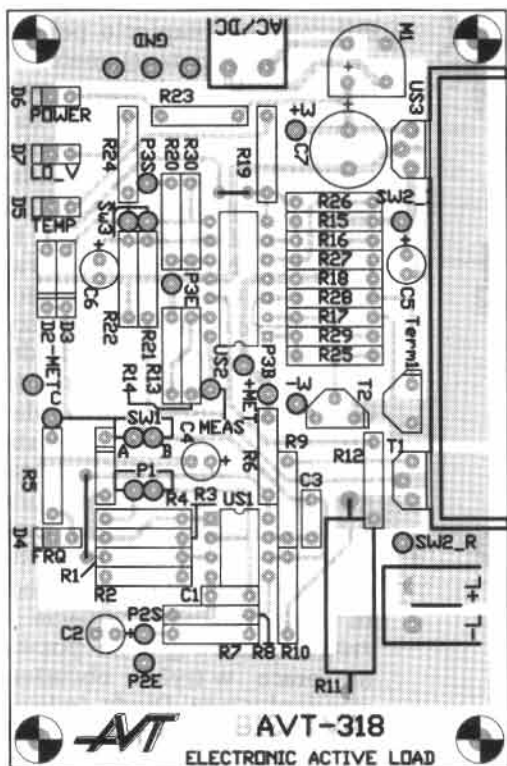
Widok płytki drukowanej przedstawiamy na wkładce wewnątrz numeru, a rozmieszczenie elementów na rys.4. Montaż płytki drukowanej nie jest zbyt skomplikowany, znacznie więcej uwagi wymaga poprawne okablowanie urządzenia.

Pod układy scalone US1 i US2 należy stosować podstawki, tranzystor T1 oraz US3 montujemy na wspólnym radiatorze. W egzemplarzu modelowym jako radiator zastosowano niewielki kawałek aluminiowej blachy, lecz w układach przewidzianych do pracy pod długiej pracy pod dużym obciążeniem należy zastosować radiator z aluminiowej kształtki walcowanej. Do radiatora należy przymocować także czujnik temperatury Term1.

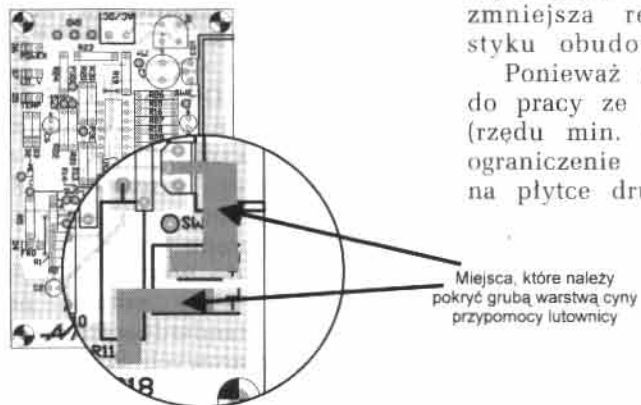
Miejsca styku wszystkich elementów z radiatorem należy pokryć pastą silikonową, która zmniejsza rezystancję cieplną styku obudowa-radiator.

Ponieważ układ przewidziano do pracy ze znacznymi prądami (rzędu min. 7A) konieczne jest ograniczenie rezystancji ścieżek na płytce drukowanej. Na rys.5

przedstawiono miejsce, w którym należy pogrubić przy pomocy lutownicy warstwę cyny kryjącą powierzchnię miedzi.



Rys. 4. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej.



Rys. 5. Miejsca, które należy dodatkowo pocynować.



Rys. 6. Schemat układu testowego.

odwzorowania rozmieszczenia otworów na przodzie obudowy.

Wentylator zamontowano na tylnej ścianie obudowy w taki sposób, aby po kierunku nadmuchu powietrza był ustalony bezpośrednio na radiator tranzystora T1. Wentylator należy zamontować w nieco nietypowy sposób - standardowo powinien on wyciągać powietrze z obudowy, w naszym rozwiązaniu znacznie lepsze efekty osiągnięto po odwróceniu kierunku ciągu. Śmigło wentylatora powinno być osłonięte specjalną kratką z metalu lub tworzywa sztucznego, co zapobiegnie możliwości skaleczenia się lub wciągnięcia kawałków papieru lub innych zanieczyszczeń do wnętrza obudowy.

Po wmontowaniu wszystkich elementów do obudowy należy wykonać połączenia pomiędzy płytką drukowaną i przełącznikami, potencjometrami, zaciskami itd. Przewody łączące płytkę drukowaną z zaciskami wejściowymi powinny być miedziane i mieć znaczny przekrój (ok. 12mm²).

Po wykonaniu i dokładnym sprawdzeniu wszystkich połączeń możemy rozpocząć uruchamianie układu.

Pierwszym krokiem powinno

być sprawdzenie wartości napięcia zasilania na wyjściu stabilizatora US3. Powinno ono wynosić ok. 12V (11.5..12.5V). Następnie sprawdzamy działanie termostatu, co najprościej można zrobić poprzez podgrzewanie czujnika Term1 rozgrzanym grottem lutownicy. Wraz ze wzrostem temperatury powinien włączyć się najpierw wentylator, a po dalszym podgrzaniu dioda sygnalizacyjna D5.

Kolejnym etapem uruchomienia jest sprawdzenie poprawności działania generatora impulsów prostokątnych. Przełącznik Sw1 powinien mieć obydwie tyki zwarte, co sygnalizuje miganiem dioda D4. Kręcenie potencjometrem P1 powinno zmieniać częstotliwość tego migania.

Przechodzimy teraz do procedury uruchamiania „serca” układu - źródła prądowego. Przełącznik Sw2 ustawiamy w pozycji „I”, co powoduje, że zmiana położenia suwaka potencjometru P2 wywołuje zmianę wartości prądu płynącego z badanego układu do symulowanego przez nas obciążenia. Do zacisków +LOAD i -LOAD dołączamy zasilacz o wydajności prądowej min. 2A (np. AVT-48 lub AVT-169) lub (lepiej) akumulator o napięciu 6..18V. W szereg z nim należy włączyć miernik

prądu o zakresie do 10A. Schemat tego układu przedstawiono na rys.6. Należy teraz sprawdzić, czy zmiana położenia suwaka P2 wywołuje proporcjonalną zmianę wartości płynącego prądu. Warto sprawdzić przy pomocy oscyloskopu, czy układ źródła prądowego nie ma skłonności do wzbudzeń. Jeżeli tak, to należy zwiększyć nieco wartość pojemności kondensatora C3. Drugim etapem kontroli źródła prądowego jest sprawdzenie, czy po zmianie położenia przełącznika Sw2 na „R” i regulowaniu napięcia na wejściu układu zmienia się (proporcjonalnie do tych zmian) wartość prądu wskazywana przez miernik.

Jeżeli wszystko działa poprawnie możemy przejść do testowania działania układu kontroli napięcia wyjściowego. Styki przełącznika Sw3 należy zewrzeć, a suwak potencjometru P3 ustawić w położeniu bliskim środkowemu. Teraz, korzystając z zasilacza o regulowanym napięciu wyjściowym, który jest dołączony do zacisków wejściowych, sprawdzamy, czy zmiana napięcia wejściowego powoduje zapalenie się diody D7. Powinna ona zapalać się w przypadku, gdy napięcie wejściowe ma wartość mniejszą od napięcia na suwaku potencjometru P3 pomnożonego przez 5/4.

Ostatnim blokiem, którego pracę powinniśmy skontrolować, jest wzmacniacz pomiarowy US2D. Kontrola jego pracy jest prosta - w układzie testowym wykonanym wg rys.6 należy ustalić prąd obciążenia na ok.1A i przy pomocy miernika napięcia sprawdzić napięcie na wyjściu US2D. Powinno mieć ono wartość ok. 0.3V i rosnać wraz ze wzrostem prądu obciążającego.

Piotr Zbysiński, AVT